

## ANALISIS PERBEDAAN ESTIMASI PARAMETER TSUNAMI MENGGUNAKAN SOFTWARE *EARLY-EST* DAN JOKO TINGKIR UNTUK GEMPA BUMI DI INDONESIA

Fajar Koerniawan<sup>1)</sup> dan Madlazim<sup>2)</sup>

1) Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: [fajarkurniawa@gmail.com](mailto:fajarkurniawa@gmail.com)

2) Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: [madlazim@unesa.ac.id](mailto:madlazim@unesa.ac.id)

### Abstrak

Dalam perekaman event gempa bumi yang berpotensi tsunami biasanya digunakan *software Early-Est* dan *software* Joko Tingkir. *Software Early-Est* merupakan *software* deteksi gempa bumi yang berpotensi tsunami pada skala global, sedangkan *software* Joko Tingkir berskala lokal atau regional. Penelitian skripsi ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mendeskripsikan perbedaan hasil estimasi parameter tsunami menggunakan *software "Early-Est"* dan *software "Joko Tingkir"* secara *real time* untuk gempa bumi di Indonesia. Input data yang digunakan berupa 30 event gempa bumi yang terjadi di seluruh wilayah Indonesia. Input data selanjutnya dipakai untuk mengestimasi output. Output berupa nilai-nilai dari 5 parameter tsunami yaitu parameter  $T_d$ ,  $T_{dur}$ ,  $T_{50Ex}$ ,  $T_d \cdot T_{dur}$ ,  $T_d \cdot T_{50Ex}$ . Hasil analisis terhadap nilai estimasi kelima parameter tsunami yang di dapat dari kedua *software* tersebut dengan uji t selama Februari – Mei 2017 menunjukkan hasil yang berbeda secara numerik, yaitu hasil perekaman dari *software Early-Est* lebih kecil dari hasil perekaman *software* Joko Tingkir. Namun secara fundamental, 83% sama, hanya 17% yang berbeda. Perbedaan tersebut salah satunya disebabkan adanya noise selama perekaman input.

**Kata Kunci:** Early-Est, Joko Tingkir, Parameter Tsunami

### Abstract

In the recording of potentially tsunami earthquake events usually Early-Est software and Joko Tingkir software were used. The Early-Est software is a potential earthquake detection software on a global scale, while Joko Tingkir software for local or regional one. The aim of this research is to describe the difference between the Early-Est's tsunami earthquake events occurs in most parts of Indonesia. The data input is the intended earthquake events. The data then was used to estimate the output, i.e, the values of 5 different tsunami parameters ( $T_d$ ,  $T_{dur}$ ,  $T_{50Ex}$ ,  $T_d \cdot T_{dur}$ ,  $T_d \cdot T_{50Ex}$ ). The estimation result obtained during the period of February to May 2017 from the 2 softwares reveals that the two results are different numerically. In this case, The Early-Est' results are smaller as compared to the Joko Tingkir' results. Fundamentally, however, 83% are same, only 17% different. The difference is believed due to noise exists during the recording.

**Keywords:** Early-Est, Joko Tingkir, Tsunami Parameters.

### PENDAHULUAN

Tsunami merupakan salah satu bencana alam yang dapat disebabkan oleh gempa bumi. Gempa bumi yang memiliki kriteria tertentu dapat memicu gelombang tsunami karena lempeng bumi mengalami pergeseran dalam skala besar di dasar laut dan menyebabkan kestabilan air laut terganggu. Beberapa lembaga seismologi dunia seperti *Japan Meteorological Agency (JMA)*, *Pacific Tsunami Warning System (JTWS)* dan *Indonesia Tsunami Early Warning System (Ina-TEWS)* telah melakukan pengamatan terhadap proses gempa bumi yang menimbulkan tsunami berdasarkan parameter-parameter gempa bumi yaitu magnitude, lokasi dan kedalaman gempa bumi yang dapat diidentifikasi pertama kali (Madlazim, 2013). Namun tsunami yang ditimbulkan oleh gempa bumi belum secara akurat diidentifikasi

dengan parameter-parameter tersebut, sehingga diperlukan parameter-parameter lain untuk mendapatkan informasi lebih banyak tentang tsunami yang ditimbulkannya (Masturiono, 2012).

Indonesia memiliki Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia (Ina-TEWS) sejak tahun 2008. Ina-TEWS telah menggunakan pemrosesan otomatis pada hypocenter, MWp, dan magnitude lokal (ML). Jika gempa terjadi di lautan, kedalaman  $< 70$  km dan magnitudo  $> 7$ , maka Ina-TEWS mengumumkan peringatan dini bahwa gempa tersebut dapat menghasilkan tsunami. Ina-TEWS telah dibentuk untuk menghasilkan peringatan tsunami dalam 5 menit setelah gempa (Madlazim dan Prastowo, 2016)

Lomax dan Machelini (2009) menentukan gempa bumi yang menimbulkan tsunami dengan mengestimasi nilai *rupture* gempa bumi dengan cara

menganalisis seismogram grup gelombang P (gelombang primer) yang dominan dari seismogram frekuensi tinggi. Panjang *rupture* gempa bumi sebanding dengan durasi *rupture* gempa bumi juga telah ditemukan oleh Lomax dan Michelini (2009).

Untuk mendeteksi gempa bumi yang berpotensi tsunami lazimnya digunakan *software Early-Est* dan *software* Joko Tingkir. *Software “Early-Est”* merupakan *software* deteksi gempa bumi yang berpotensi tsunami pada skala global. *Software* Joko Tingkir merupakan *software* deteksi gempa bumi dalam skala lokal atau regional. Kelebihan *software* “Joko Tingkir” yaitu mampu melakukan perhitungan dengan cepat, yaitu kurang dari 2 menit sejak data masuk dan diolah ke *software* Joko Tingkir, sehingga apabila terjadi gempa bumi nilai dari parameter-parameter penyebab gempa bumi dapat diestimasi dengan cepat dan tindakan mitigasi bencana dapat segera dilakukan.

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya (Unesa) telah berkolaborasi dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) Badan Geofisika, Klimatologi dan Meteorologi Indonesia (BMKG) untuk melakukan penelitian mengenai metode yang dapat diandalkan untuk prediksi yang lebih baik. Peringatan tsunami di daerah yang berpotensi menimbulkan ancaman tsunami sejak tahun 2012. Penelitian kolaborasi dilakukan dengan menerapkan *software* Joko Tingkir dan menggabungkan Graphical User Interface (GUI) dari Puslitbang BMKG. Metode yang telah disempurnakan, diterapkan untuk mengevaluasi peringatan dini tsunami dengan menggunakan data yang dikumpulkan dari stasiun yang didistribusikan yang diakses oleh BMKG-Net selama tiga menit pertama setelah kejadian awal kejadian gempa bumi berpotensi tsunami (Madlazim et al, 2015)

Untuk proses pengestimasi pada *software “Early-Est”* dibutuhkan waktu pelaporan 1 menit dan maksimal 10 lokasi event gempa bumi pada setiap laporan (Lomax and Michelini, 2012). *Software Early-Est* terbukti dapat mengetahui lokasi pertama dari gempabumi antara waktu 7 menit pada gempa bumi di seluruh dunia dengan ketepatan 95% (Bernardi et al, 2015).

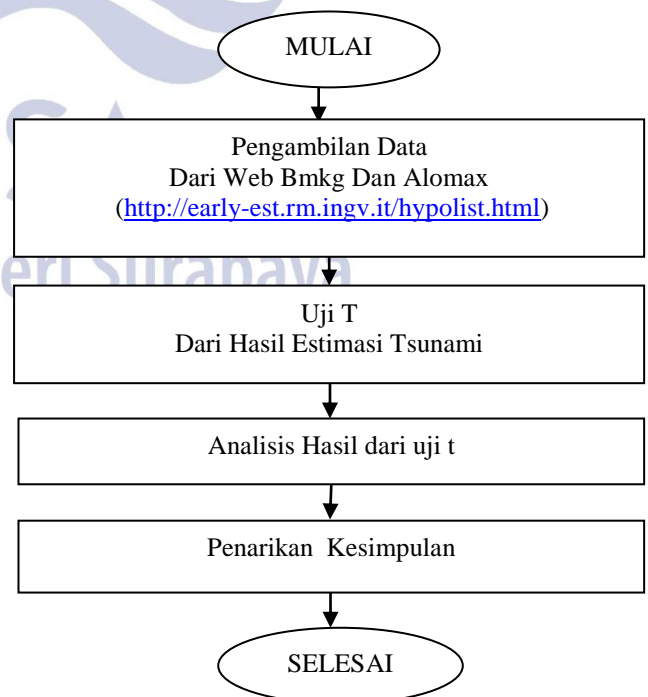
Pada penelitian skripsi ini akan menyajikan tentang analisis terhadap perbedaan hasil estimasi parameter tsunami menggunakan *software Early-Est* dan *software* Joko Tingkir secara *real time* untuk gempa bumi di Indonesia. Perbandingan hasil estimasi parameter tsunami dilakukan menggunakan *software “Early-Est”* dan *software* “Joko Tingkir” dengan mengestimasi 5 parameter sumber gempa bumi yaitu: 1) durasi *rupture* ( $T_{dur}$ ); 2) lama durasi dominan ( $T_d$ ); 3) durasi lebih dari

50 detik ( $T_{50Ex}$ ); 4) perkalian antara durasi dominan dan durasi lebih dari 50 detik ( $T_d * T_{50ex}$ ); 5) perkalian antara durasi *rupture* dan durasi lebih dari 50 detik ( $T_{dur} * T_{50ex}$ ) pada gelombang P yang pertama (Madlazim, 2013).

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan data seismik lokal yang diunduh melalui web alomax dan web BMKG yang telah diolah oleh *software Early-Est* dan Joko Tingkir, lalu melakukan uji t untuk mengetahui perbedaan hasil dari kedua *software*. Hasil analisis ini berupa grafik hasil perbandingan kedua *software* dalam mengestimasi parameter tsunami. Oleh karena itu, penelitian skripsi ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi atau ketepatan pada penggunaan kedua *software* tersebut. Dengan adanya penelitian skripsi ini dimaksudkan agar dapat mendeskripsikan tentang penggunaan *software Early-Est* sebagai pembandingan *software* Joko Tingkir dalam memprediksi gempa bumi yang berpotensi tsunami dan juga bisa bermanfaat untuk penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan *software Early-Est*.

## METODE

Penelitian ini berjenis penelitian eksperimen laboratorium berbasis komputasi, karena menggunakan program “Joko Tingkir” dengan “*Early-Est*” untuk mengolah data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 sampel event gempa bumi lokal secara *real time* yang terjadi di Indonesia selang tahun 2016-2017. Dimana data ini diambil dari web BMKG dan juga di ambil dari web alomax (<http://early-est.rm.ingv.it/hypolist.html>).



Gambar 1. Mekanisme Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel yang digunakan. Tiga variabel operasional dalam penelitian skripsi ini adalah variabel manipulasi, variabel respons, dan variabel kontrol. Variabel manipulasi adalah 30 event gempa bumi lokal secara real time yang terjadi di Indonesia selang tahun 2016-2017. Dimana data ini diambil dari web BMKG dan juga di ambil dari web alomax (<http://early-est.rm.ingv.it/hypolist.html>). Variabel kontrol adalah sesuatu yang tidak berubah selama proses estimasi tsunami, program yang digunakan yaitu “Joko Tingkir” dengan “Early-Est”. Variabel respon adalah hasil estimasi parameter tsunami yang didapatkan dari mengestimasi pada dua program tersebut dan juga dengan menggunakan uji t. Untuk penelitian kualitatif seperti penelitian tindakan kelas, etnografi, fenomenologi, studi kasus, dan lain-lain, perlu ditambahkan kehadiran peneliti, subyek penelitian, informan yang ikut membantu beserta cara-cara menggali data-data penelitian, lokasi dan lama penelitian serta uraian mengenai pengecekan keabsahan hasil penelitian.

Teknik yang digunakan untuk mengolah data yaitu dengan menggunakan uji t, dimana uji t adalah uji komparatif atau uji beda untuk mengetahui adakah perbedaan mean atau rerata yang bermakna antara 2 kelompok bebas yang berskala data interval/rasio. Dua kelompok bebas yang dimaksud di sini adalah dua kelompok yang tidak berpasangan, artinya sumber data berasal dari subjek yang berbeda. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menguji adakah perbedaan yang signifikan dengan taraf ketelitian dari estimasi parameter tsunami menggunakan software “Early-Est” dan software “Joko Tingkir”.

Adapun rumus uji t adalah (Riduwan dan Sunarto, 2013):

Hipotesis uji :  $H_0: m_1 = m_2$   
 $H_1: m_1 \neq m_2$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right)\left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)}} \quad (1)$$

dimana  $\bar{x}_1$  merupakan rata-rata sampel ke-1 yaitu Early-Est;  $\bar{x}_2$  merupakan rata-rata sampel ke-2 yaitu Joko Tingkir; r merupakan nilai korelasi  $X_1$  dengan  $X_2$ ,  $S_1$  merupakan varians sampel ke-1;  $S_2$  merupakan varians sampel ke-2;  $s_1$  merupakan standar deviasi sampel ke-1;  $s_2$  merupakan standar deviasi sampel ke-1; n merupakan jumlah sampel yang digunakan.

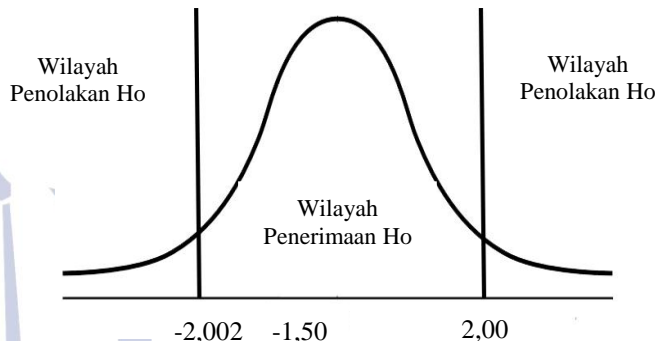
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian yang didapatkan ini berupa 30 event gempa bumi yang bersumber dari gempa bumi yang terjadi di seluruh wilayah Indonesia selang waktu pada bulan Februari sampai bulan Mei tahun 2017. Data

diperoleh melalui web online yang di akses dari <http://early-est.rm.ingv.it/hypolist.html> (Early-Est) dan 172.19.3.78/litbang/ (Joko Tingkir). Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan untuk 5 parameter tsunami berdasarkan hasil uji t;

### 1. Parameter Td

Dari hasil uji t pada parameter Td (Periode Dominan) yang telah dilakukan didapati kurva sebagai berikut:

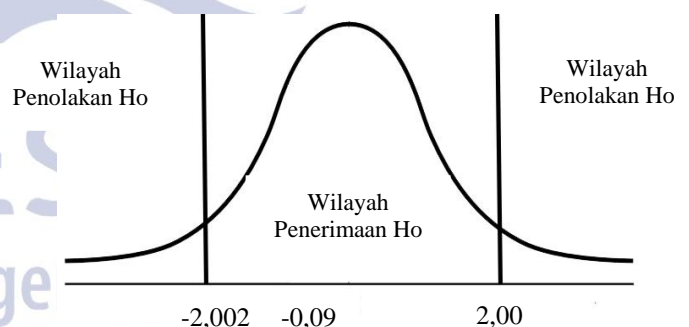


Gambar 2. Kurva uji t pada Periode Dominan (Td)

dimana  $H_0$  merupakan hipotesis yang berbunyi adanya perbedaan antara software Early-Est dan software Joko Tingkir pada hasil estimasi parameter Td. Dari kurva diatas, hasil uji t dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang dihasilkan dari hasil estimasi Periode Dominan (Td) bahwa penggunaan software Joko Tingkir lebih unggul daripada software Early-Est dilihat dari nilai rata-ratanya.

### 2. Parameter Tdur

Dari hasil uji t pada parameter Td (Periode Dominan) yang telah dilakukan didapati kurva sebagai berikut:



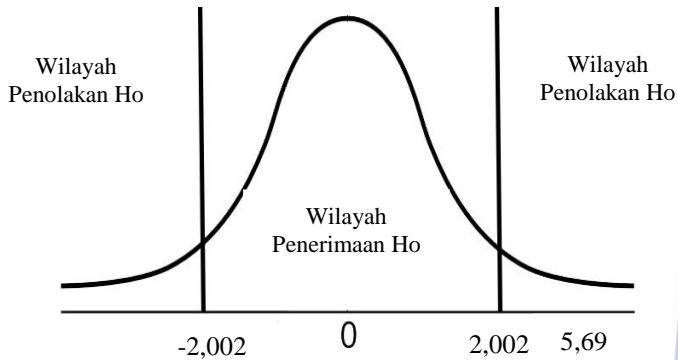
Gambar 3. Kurva uji t pada Durasi Rupture (Tdur)

dimana  $H_0$  merupakan hipotesis yang berbunyi adanya perbedaan antara software Early-Est dan software Joko Tingkir pada hasil estimasi parameter Tdur. Dari kurva diatas, hasil uji t dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang dihasilkan dari hasil estimasi Durasi Rupture (Tdur) bahwa penggunaan software Joko Tingkir lebih unggul daripada software Early-Est dilihat dari nilai rata-ratanya.



### 3. Parameter T50Ex

Dari hasil uji t pada parameter Td (Durasi lebih 50 Detik) yang telah dilakukan didapati kurva sebagai berikut:

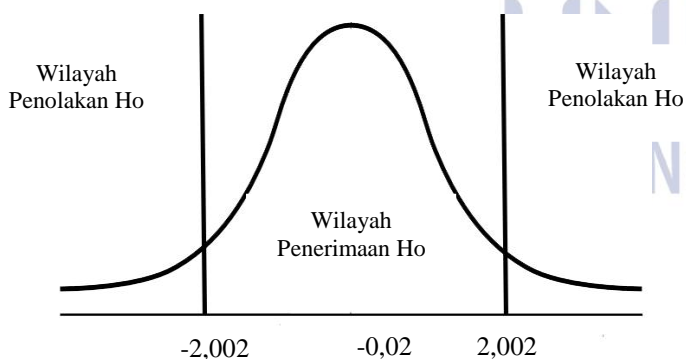


Gambar 4. Kurva uji t pada Durasi lebih 50 Detik (T50Ex)

dimana  $H_0$  merupakan hipotesis yang berbunyi adanya perbedaan antara *software Early-Est* dan *software Joko Tingkir* pada hasil estimasi parameter T50Ex. Dari kurva diatas, hasil uji t dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang dihasilkan dari hasil estimasi Periode lebih dari 50 detik (T50Ex) bahwa penggunaan *software Early-Est* dan *software Joko Tingkir* tidak terdapat perbedaan, dapat dilihat dari nilai rata-ratanya.

### 4. Parameter Td\*Tdur

Dari hasil uji t pada parameter Td\*Tdur (Perkalian antara Td dengan Tdur) yang telah dilakukan didapati kurva sebagai berikut:



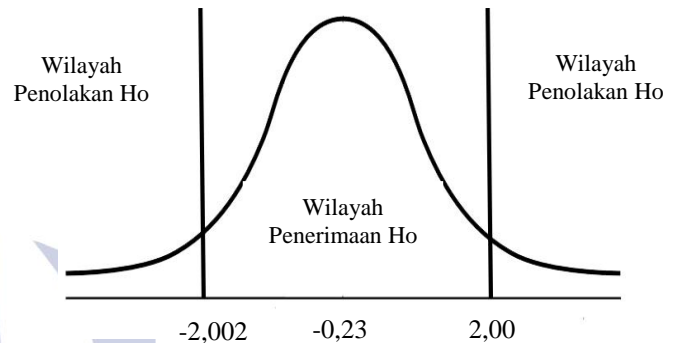
Gambar 5. Kurva uji t pada Td\*Tdur

dimana  $H_0$  merupakan hipotesis yang berbunyi adanya perbedaan antara *software Early-Est* dan *software Joko Tingkir* pada hasil estimasi parameter Td\*Tdur. Dari hasil uji t dapat disimpulkan, ada perbedaan yang dihasilkan dari hasil estimasi Perkalian antara Td\*Tdur bahwa penggunaan *software Joko Tingkir* lebih unggul

daripada *software Early-Est*, dapat dilihat dari nilai rata-ratanya.

### 5. Parameter Td\*T50Ex

Dari hasil uji t pada parameter Td\*T50Ex (Perkalian antara Td dengan T50Ex) yang telah dilakukan didapati kurva sebagai berikut:



Gambar 6. Kurva uji t pada Td\*T50Ex

dimana  $H_0$  merupakan hipotesis yang berbunyi adanya perbedaan antara *software Early-Est* dan *software Joko Tingkir* pada hasil estimasi parameter Td\*T50Ex. Dari hasil uji t dapat disimpulkan, ada perbedaan yang dihasilkan dari hasil estimasi Perkalian antara Td\*Tdur bahwa penggunaan *software Joko Tingkir* lebih unggul daripada *software Early-Est*, dapat dilihat dari nilai rata-ratanya.

Dari hasil yang didapatkan dengan mengontrol magnitudo gempa bumi sebesar  $>4,5$  SR pada setiap data, menunjukkan bahwa nilai pada parameter tsunami yaitu Periode Dominan (Td), Durasi Rupture (Tdur) dan juga serta perkalian antara Td\*Tdur dan Td\*T50Ex mengalami perbedaan antara *software Early-Est* dengan *software Joko Tingkir* berdasarkan hasil dari uji t yang telah dilakukan. Namun, untuk parameter Durasi lebih dari 50 detik (T50Ex) tidak terdapat perbedaan jika dilihat dari hasil uji t yang telah dilakukan. Secara fundamental, terdapat 83% kesamaan hasil dan hanya 17% yang berbeda. Hal ini disebabkan perbedaan mengestimasi pada *software Early-Est* dengan *Joko Tingkir* dimana *Early-Est* mengestimasi secara global atau teleseismik sedangkan *Joko Tingkir* mengestimasi secara lokal. Adapun penyebab yang lain yaitu dikarenakan adanya noise yang terjadi di beberapa stasiun seismik yang digunakan, dimana noise itu sendiri merupakan gangguan yang terjadi saat proses perekaman gempa bumi.

Noise disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya faktor luar seperti getaran dari benda berat saat proses perekaman gempa bumi yang sedang terjadi. Bilamana faktor akan terjadi pada saat gempa bumi yang terjadi magnitudonya  $<5,0$  SR. Beberapa stasiun seismik yang digunakan oleh BMKG itu sendiri yaitu APSI (Ampana,

Sulawesi Tengah, Indonesia), BYJI (Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia), EDFI (Ende, Flores, Nusa Tenggara Timur, Indonesia) dan yang lainnya. Secara teori perbedaan waktu hasil estimasi antara software *Early-Est* dengan *Joko Tingkir*, dimana *Early-Est* menggunakan UTC (Coordinated Universal Time) atau yang biasa disebut dengan GMT (Greenwich Mean Time) sedangkan *Joko Tingkir* menggunakan waktu WIB (UTC+7 jam).

## PENUTUP

### Simpulan

Hasil analisa data estimasi parameter tsunami dari output software *Early-Est* dengan software *Joko Tingkir* menggunakan uji t di seluruh wilayah Indonesia pada bulan Februari – Mei tahun 2017 dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi parameter tsunami antara software *Early-Est* dengan *Joko Tingkir* secara numerik mengalami perbedaan antara software *Early-Est* dengan *Joko Tingkir*, berdasarkan hasil dari uji t yang telah dilakukan, tetapi secara fundamental relative tidak berbeda.

### Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik maka disarankan lebih baik untuk tidak menggunakan stasiun seismik yang terdapat noise didalamnya dan juga saat pengambilan data sebaiknya menggunakan data event gempa bumi yang telah terjadi di tahun sebelumnya, karena semakin banyak data yang diambil maka hasil yang didapatkan memiliki peluang lebih baik dan akurat.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada alomax (<http://early-est.rm.ingv.it/hypolist.html>) dan BMKG (172.19.3.78/litbang/) sebagai sumber data dalam penelitian ini, juga kepada Anthony Lomax untuk software *Early-Est* Madlazim untuk software *Joko Tingkir* yang telah melancarkan proses penelitian ini, dan pihak lain yang belum tersebut di sini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bernardi, F. et al., 2015. *Appraising the Early-est earthquake monitoring system for tsunami alerting at the Italian Candidate Tsunami Service Provider. Natural Hazards and Earth System Science*, 15(9), pp.2019–2036. Available at: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/15/2019/2015/>.
- Lomax, A. dan Michelini, A., 2009. *Tsunami early warning using earthquake rupture duration*, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L09306, doi:10.1029/2009GL037223.
- Madlazim, 2013. *Assessment of Tsunami Generation Potential Through Rapid Analysis of Seismic Parameters. Case study: Comparison of the*

*Sumatra Earthquakes of 6 April and 25 October 2010. International Journal Science Of Tsunami Hazards*, 32(1), pp. 29-38.

Madlazim & Prastowo, T., 2016. *Evaluation of earthquake parameters used in the Indonesian Tsunami Early Warning System. Earthquake Science*, 29(1), pp.27–33. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11589-016-0143-6>.

Madlazim, Prastowo, T., Hardy, T., 2015. *Validation of Joko Tingkir Software Using Tsunami Importance. Journal Science Of Tsunami Hazards*, 34(3), pp.29-38.

Masturyono, Madlazim. 2012. *Desain Sistem Penentuan Tsunami Menggunakan: Rupture Duration (Tdur), Time Dominan (Td), Dan T50Ex*. Prosiding Seminar Tahunan Hasil-Hasil Penelitian Dan Pengembangan Puslitbang BMKG, Jakarta.

Riduwan, Sunarto. 2013. *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi dan Bisnis*. Penerbit Alfabeta, Bandung.